10^{18} exa [E]; 10^{15} peta [P];

$M_r = \frac{m_{molekyl}}{u}$; $A_r = \frac{m_{atom}}{u}$

$M = mN_A = M_r u N_A = M_r \cdot 10^{-3} \Rightarrow$
$M = M_r$ g/mol

$\rho = \frac{m}{V}$; $p = \frac{\rho RT}{M}$; $\nu = \frac{m}{M}$;

$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

Ideala och icke-ideala gaser

$pV = \nu RT = Nk_BT$;

Van der Waals tillståndsekvation,
V_m = molekylens volym,
a: växelverkan

$$p = \frac{Nk_BT}{V - NV_m} - a\left(\frac{N}{V}\right)^2$$

$$p = \frac{Nk_BT}{V - NV_m} \;;$$

Isoterm kompressibilitet
$k = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T = \frac{1}{p}$ [Pa^{-1}];

Isobar termisk utvidgning
$\alpha = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ [K^{-1}]

Svartkroppsstrålning

Strålningstäthet $\varphi = \sigma \cdot T^4$ [W/m^2]

Strålnings intensitet $\Phi = A\varepsilon\sigma T^4$ [W]

Wiens förskjutningslag $\frac{h\nu_p}{k_BT} = 2{,}821$

Planckfördelning (ν =frekvens)

$$u(\nu,T) = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

Solarkonstanten

$$\varphi = \frac{\sigma T^4 R_s^2}{R^2} = 1366 \frac{W}{m^2}$$

Foton: $E = h\nu$ (ν=frekvens)

SI: meter [m]; kilogram [kg]; sekund [s]; candela [cd]; ampere [A]; Kelvin [K]; mol [mol];
Enheter: Newton [N, kg·m/s^2]; Joule [J, N·m]; Watt [W, J/s]; Pascal [Pa, N/m^2];
[T/K = T/^{o}C + 273,15]

10^{12} tera [T]; 10^9 giga [G];

Kinetisk gasteori

Karakteristiska hastigheter

$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8k_BT}{\pi m}}$ $v_p = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{k_BT}{m}}$;

$v_{rms} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{\frac{k_BT}{m}}$

$\langle E_k \rangle = \frac{3k_BT}{2}$;

Gaskinetiskt tvärsnitt
$\sigma = \pi d^2$

$\ell = \langle v \rangle \tau$ (τ =medeltid mellan kollisioner)

Medelfria vägen $\ell = \frac{1}{n\pi d^2\sqrt{2}}$ $n = \frac{N}{V}$

Frekvens $\frac{1}{\tau} = \sqrt{2} \cdot n\pi d^2 \langle v \rangle$

Stöttal $V^* = \frac{p}{\sqrt{2\pi\, mk_BT}} = \frac{1}{4} \cdot n \cdot \langle v \rangle$ [1/s·m^2]

Maxwell Boltzmans hastighetsfördelning

$$n(v) = konst \cdot v^2 \cdot e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$$

Partialtryck & Inre Energi

$p = \frac{1}{3} Nm\langle v^2 \rangle$ (ideal)

Partialtryck

$$p_i = \frac{1}{V} \cdot \frac{2}{3} N_i \left(\frac{1}{2} m_i \langle v_i^2 \rangle\right)$$

$$p = \sum_i p_i = \sum_i \frac{k_BT}{V} \cdot N_i$$

Inre energi

$U = N\frac{m\langle v^2 \rangle}{2} = \frac{3}{2}Nk_BT = \frac{3}{2}pV$ [J]

Energi/frihetsgrad: $\frac{1}{2}k_BT$

1 ev = 1,602·10^{-19} J; 1 kWh = 3,6 MJ
1 Torr (mmHg) = 1/760 atm; 1 bar = 10^5 Pa

Arbete vid sömn: 1 W/kg; lätt arbete 50-75 W (25 % effektivitet); energibehov: ca 12 MJ/dygn

Jorden: Radie 6,37 ·10^6 m^2
befolkning: ca 7 miljarder
Sveriges area: 4,5·10^{11} m^2
befolkning: ca 9 miljoner

Sfär $A = 4\pi \cdot r^2$; $V = \frac{4\pi \cdot r^3}{3}$

10^6 mega [M] | 10^{-18} atto [a];

Värmetransport

Värmeledning, λ är värmekonduktivitet

$$\Phi = \frac{A(T_2 - T_1)\lambda}{d} = -\lambda A(\frac{dt}{dx}) \text{ [W]}$$

Värmeflödets kontinuitet:
$\lambda(\frac{dt}{dx})$ är konstant.

U-värde [Wm^{-2}K^{-1}]

$\Phi = UA(T_2 - T_1); U = \frac{\lambda}{d}$

1/U är värmemotståndet

Första huvudsatsen

$dU = dQ + dW = dQ - pdV$

Arbete

$W_T = -\int_1^2 p(V)dV = -\nu RT \ln\frac{V_2}{V_1}$

$W_p = p(V_2 - V_1) = pdV$

$dW = pdV$ $\quad W_V = 0$

Entalpi
$H = U + pV$; [J]

$dH = dU + pdV + Vdp$

Molara värmekapaciteten
$C_p = C_V + R$; [J/kg·K]

$C_V = \frac{1}{\nu}\left(\frac{dQ}{dT}\right)_V = \frac{1}{\nu}\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V = T\left(\frac{dS}{dT}\right)_V$

monoatomär $C_V = \frac{3}{2}R$

diatomär: $C_V = \frac{5}{2}R$

$C_p = \frac{1}{\nu}\left(\frac{dQ}{dT}\right)_p = \frac{1}{\nu}\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$

monoatomär $C_p = \frac{5}{2}R$

diatomär: $C_p = \frac{7}{2}R$

$(dQ)_V = dU = \nu C_V dT$

$(dQ)_p = dU + pdV = \nu C_p dT$

Fri energi, fri entalpi

Fria energin: $F = U - TS$ [J]

$dF = dW$; $dF = dU - TdS - SdT$;

Fri entalpi: $G = F + pV$ [J]

Energikvalitet

$W = \frac{T - T_0}{T}Q = q \cdot Q$ q = energikvalitet

10^{-15} femto [f]; 10^{-12} pico [p]

Adiabatiska processer

$dQ = 0$; $pV^\gamma = konst$

$\Rightarrow Tp^{(1-\gamma)/\gamma} = konst$ och

$TV^{y-1} = konst$; $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$

$W = -\int_1^2 pdV = \frac{p_1V_1 - p_2V_2}{1-\gamma}$

Vid adiabatisk process är entropin, S, konstant.

Kompressibilitet

$k_S = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T = \frac{1}{\gamma \cdot p}$

$\frac{k}{k_S} = \gamma = \frac{C_p}{C_V}$

Vid reversibel kompression: $W = -pdV$

Entropi

S: [J/K]

För en reversibel process $\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 0$

$\lim\sum\frac{Q_i}{T_i} = \int\frac{dQ}{dT} = 0$; $W = (T_1 - T_2)\Delta S$

$dS = \frac{1}{T}(\nu C_V dT + pdV)$; $S = -\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V$

Andra huvudsatsen

$\Delta S > 0$ Irreversibel process $dS > \frac{dQ}{T}$

$\Delta S = 0$ reversibel process $dS = \frac{dQ}{T}$

$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2}\frac{´CdT}{T}$; $\Delta S = \frac{\Delta H}{T_m}$

$\Delta S = \nu C_V \cdot \ln\frac{T_2}{T_1} + \nu R \cdot \ln\frac{V_2}{V_1}$

Tredje huvudsatsen

Entropi vid absoluta nollpunkten
S(0)=0

Kretsprocesser

Gasen återkommer till sitt ursprungs-tillstånd efter ett antal delprocesser

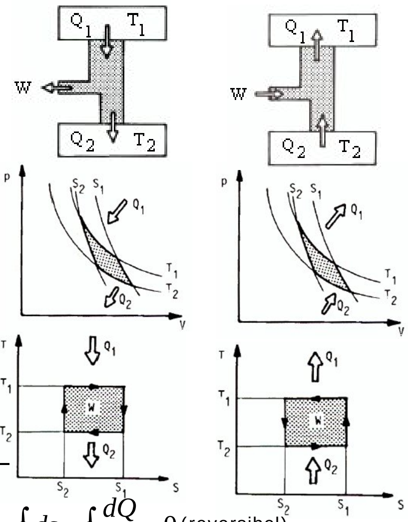
$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$; $W = Q_1 - Q_2 = (T_1 - T_2)(S_1 - S_2)$

Verkningsgrad $\eta = \frac{W_{Uträttat}}{Q_{Tillförd}}$

$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

10^{-9} nano [n] ; 10^{-6} micro [μ]

Carnot-processer ($T_1 > T_2$)
Värmemaskin Värmepump



$\oint ds = \oint\frac{dQ}{T} = 0$ (reversibel)

$\oint\frac{dQ}{T} > 0$ (irreversibel)

Godtycklig $\int_A^B\frac{dQ}{T} = S(B) - S(A)$ (reversibel)

$\int_A^B\frac{dQ}{T} < S(B) - S(A)$ (irreversibel)

Termisk isolerad $S(B) - S(A) = 0$ (reversibel)
$S(B) - S(A) > 0$ (irreversibel)

Mikroskopiskt $S = k_B \ln W$ (W=antal möjliga mikroskopiska tillstånd)

Fasövergångar

T, P konst. L värme som tillförs

$\Delta S = \frac{L}{T}$; $dH = TdS$; $\Delta H = T\Delta S = L$

V ,T konst. $dF \le 0$

T, P konst. $dG = 0$

$S = \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p$; $V = \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_T$

Köldfaktor, Värmefaktor

Köldfaktor; $\varepsilon = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$

Värmefaktor; $\varepsilon_V = \frac{Q_1}{W} = 1 + \varepsilon$

Hans Edward Gennow
e.gennow@gmail.com